

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

大学院 電気通信学研究科		博士前期課程		電子工学	専攻
氏 名		長谷川和哉		学籍番号 0332049	
論 文 題 目		コヒーレント加算型高出力THz放射源の開発			
<p>要 旨</p> <p>本研究の目的は、THz周波数帯での非線形光学領域に達する集光強度（<math>&gt; 100\text{GW}/\text{vm}^2</math>）を持つ、小型な超短パルスTHzエミッターの開発である。値としては、GW級の出力を持つエミッターを目指している。</p> <p>本研究では、短パルスTHz発生法としてこれまで最も高い放射出力密度が得られてきて、小型化が可能な光スイッチ方式を用いている。この光スイッチから放射されるTHz波電界は、面導電率を <math>\sigma_s = en\mu</math>（<math>e</math>：素電荷量, <math>n</math>：キャリア密度, <math>\mu</math>：移動度）、真空インピーダンス <math>Z_0</math>、印加電界 <math>E_{\text{bias}}</math> として <math>E_{\text{THz}} = -E_{\text{bias}} \sigma_s / (1 + \sigma_s Z_0)</math> で与えられ、<math>\sigma_s \rightarrow \infty</math> で印加電界に飽和する。そのため、小型・高出力を達成するには、エミッターには、高電界印加、大ドリフト移動度、高キャリア密度が要求される。印加電界 <math>10^6\text{V}/\text{cm}</math> のとき、飽和出力密度は <math>3\text{GW}/\text{cm}^2</math> と、<math>\text{cm}</math> オーダーで目標とするパワーを達成することができるため、この高電界を印加できるダイヤモンドに注目して研究を行っている。ダイヤモンドには素子の大面积化が可能で、オーバーコート法により絶縁破壊電界 <math>2 \times 10^6\text{V}/\text{cm}</math> のCVDダイヤモンドを用い、ポンプ光には最も大きい光伝導電流を示した、バンド間エネルギー以下の光子エネルギーをもつKrFレーザーを選択している。このCVDダイヤモンドは、粒径によって移動度・吸収率が変化するため、高電界印加・KrFレーザーポンプを行っているという条件下で最適なものを選択した。そして、<math>10^6\text{V}/\text{cm}</math> で飽和ドリフト速度に達し、且つ量子効率の大きい、粒径 <math>10\mu\text{m}</math>、移動度 <math>24\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}</math> をもつダイヤモンドをエミッター材料に選択している。大面积に高電界を欠陥フリーで印加するため、電極構造には、ギャップ幅 <math>20\mu\text{m}</math>、ギャップ長 <math>2.8\text{mm}</math> をリニアアレー化し、セグメント化したものを用いている。このダイヤモンドTHzエミッターは全有効放射面積 <math>60\text{mm}^2</math>（エミッター面積 <math>3 \times 3\text{cm}</math>）で、<math>2\text{GW}</math> 出力（<math>10^6\text{V}/\text{cm}</math>）という性能を持つ。しかし、このエミッターにポンプ光強度 <math>3\text{GW}/\text{cm}^2</math> を照射し得られた出力密度は、飽和出力密度よりも二桁以上小さな値であった。そのため飽和出力動作には、10倍以上のポンプ光強度 <math>30\text{GW}/\text{cm}^2</math> でエミッターを照射できる、<math>270\text{GW}</math> のパワーが必要である。</p> <p>ポンプ光はキャリア生成のみに用いられるため発生するTHz波にはポンプ光の位相情報は関係しない。そのため、エンベロップのタイミングと、空間モードを合わせれば、互いにインコヒーレントなマルチポンプ光でもコヒーレントなTHz波の発生が可能である。この理論的な裏付けがあるため、高ポンプ光パワーを得るために、レーザー媒質からの引き出し効率が増加できるマルチポンプ光増幅を行った。また、THz波集光性能を上げるためには、各ビーム強度分布はフラットトップであること、ビーム間の強度ばらつきが小さいことが要求としてあるため、一つのレンズに複数本のビームを伝搬させるイメージリレー共通光学系を用い、KrFレーザーの低い飽和出力を利用した光学系設計を行った。その結果、<math>220\text{GW}</math>（<math>12\text{mJ} \times 6</math>本、<math>330\text{fs}</math>）の目標とする<math>270\text{W}</math>に近いポンプ光が得られた。このポンプ光からは<math>1.2\text{GW}</math> という、非線形光学に到達するのに十分な出力を得ることができた。</p> <p>得られた3本のビームでTHz波のコヒーレント加算を行ったところ、個々のビームで得られたTHz波の5倍の値が得られたが、理論値の9倍にはならなかった。その加算波形は、ポンプ光タイミングエラー時に起こる後方振動を有しており、また、集光径は同じ面積を単一ビームで照射した場合より大きい値であった。これらの結果から、コヒーレント加算を理想的に行うためには、今後、各ポンプ光の時間差の高精度アライメント 空間モードの不一致の改善 ポンプ光の強度分布の改善などが必要である。また、分散媒質をTHz光学パスに入れることで波形制御に成功し、双極の波形を単極化させることができた。今後完全な制御を確立すれば、電界依存型の応用を考えた場合、大きなツールと成り得るだろう。</p>					